

**BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND****PRIORITY  
DOCUMENT**SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

REC'D 22 OCT 2004

WIPO

PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 103 51 650.6

**Anmeldetag:** 05. November 2003

**Anmelder/Inhaber:** ASM Automation Sensorik Messtechnik GmbH,  
85452 Moosinning/DE

**Bezeichnung:** Vollwellenleiter (VWL)-Basic

**Priorität:** 14. August 2003 DE 103 37 455.8  
25. September 2003 DE 103 44 628.1

**IPC:** G 01 B, G 02 B

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 23. September 2004  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident

Im Auftrag

  
Walner

Best Available Copy

Anmelder: ASM Automation Sensorik Messtechnik GmbH  
Unsere Akte: 58828 AL/OL

5

## **Vollwellenleiter (VWL)-Basic**

### **I. Anwendungsgebiet**

- 10 Die Erfindung betrifft Positionssensoren, insbesondere deren Detektoreinheit, basierend auf dem Prinzip der Laufzeitmessung von mechanisch-elastischen Impulsen in einem Wellenleiter, die außer diesem Wellenleiter ein relativ hierzu bewegliches, die mechanisch-elastische Welle erzeugendes oder detektierendes, Positionselement umfassen.

15

### **II. Technischer Hintergrund**

- Der Wellenleiter besteht in der Regel aus einem Rohr, einem Draht oder einem Band, und kann auch als elektrischer Leiter dienen. Der Wellenleiter kann  
20 weiterhin in einem formgebenden, linearen oder kreisförmigen, Körper aus nicht-magnetischem Material, z. B. Kunststoff oder Metall zur Aufnahme und Lagerung des Wellenleiters angeordnet sein.

- Basierend auf dem Wiedemann-Effekt erzeugt ein in den Wellenleiter  
25 eingespeister Strom bei seiner Überlagerung mit einem lateral auf den magnetostriktiven Wellenleiter gerichteten externen Magnetfeld, welches vom Positionselement, insbesondere einem Positionsmagneten herrührt, einen Torsionsimpuls einer mechanisch-elastischen Welle, der sich mit etwa 2.500 m/s - 6.000 m/s vom Ort der Entstehung, also z.B. der Position des Positionselementes,  
30 in beide Richtungen entlang des Wellenleiters ausbreitet.

An einer Stelle, üblicherweise an einem Ende des Wellenleiters, wird insbesondere der Torsionsanteil dieses mechanisch-elastischen Impulses von

einer Detektoreinheit, die sich meist in fester Position bezüglich des Wellenleiters befindet, erfaßt. Die Zeitdauer zwischen der Auslösung des Erregerstromimpulses und dem Empfang des mechanischen Impulses ist dabei ein Maß für den Abstand des verschiebbaren Positionselementes, z. B. des Positionsmagneten von der Detektoreinrichtung oder auch der Spule bzw. des Elektromagneten.

Ein typischer solcher Sensor ist im US-Patent 896 714 beschrieben.

Das Hauptaugenmerk der vorliegenden Erfindung liegt auf der Detektoreinrichtung. Diese umfaßt eine Detektor-Spule, die entweder um den Wellenleiter herum angeordnet ist oder als sogenannter Villary-Detektor um ein Villary-Bändchen herum angeordnet ist, welches quer, insbesondere im 90°-Winkel, vom Wellenleiter abstrebt und mit diesem so verbunden, insbesondere mechanisch fixiert, z. B. verschweißt ist, daß der entlang des Wellenleiters laufende Torsionsimpuls im Villary-Bändchen in eine longitudinale Welle transformiert wird. Eine solche longitudinale Welle staucht bzw. dehnt das Villary-Bändchen elastisch im kristallinen Bereich, und verändert daher dessen Permeabilität  $\mu$ . Das Villary-Bändchen besteht zu diesem Zweck aus Material mit möglichst hoher magnetischer Permeabilität  $\Delta\mu_r$ , z. B. aus Nickel oder einer Nickel-Legierung.

20

Die ein magnetoelastisches Element, z.B. das Villary-Bändchen, durchlaufende Dichtewelle äußert sich somit in einer Spannungsänderung  $\Delta U$ , die als Nutzsignal an der Detektorspule abgegriffen werden kann.

25 Wie ersichtlich, ist das Nutzsignal  $\Delta U$  umso größer, je größer die Änderung der magnetischen Permeabilität  $\Delta\mu_r$  ausfällt.

Zusätzlich ist als Arbeitspunkt bzw. Arbeitsbereich ein solcher Bereich der Kurve  $\Delta\mu_r(H)$ , also der magnetischen Permeabilität aufgetragen über der magnetischen Feldstärke, erwünscht, in dem sich die magnetischen Permeabilität  $\Delta\mu_r$  möglichst linear, relativ zur Ursache aber möglichst stark verändert, weshalb versucht wird, die Funktion  $\Delta\mu_r(H)$  in der Anstiegsflanke möglichst steil auszubilden und den Arbeitsbereich dort, im annähernd linearen Bereich, zu etablieren.

30

Im Stand der Technik wird zum Einstellen des Arbeitspunktes ein sogenannter Bias-Magnet in Form eines Dauermagneten in räumlicher Nähe zur Detektorspule, z.B. parallel zum Villary-Bändchen, angeordnet.

5

Der Arbeitspunkt der magneto-elastischen Detektoreinheit hängt neben den magnetischen Parametern des Bias-Magneten hauptsächlich von dessen Positionierung relativ zur Detektor-Spule ab.

- 10 Dies ist in mehrfacher Hinsicht nachteilig, beispielsweise beim Einsatz des Positions-Sensors an Stellen, die mechanische, insbesondere dynamischen mechanischen, Belastungen unterworfen sind oder auch thermischen Belastungen, welche die magnetischen Parameter des Bias-Magneten verändern und insbesondere dessen Alterungsprozess, die ebenfalls eine Änderung der
- 15 magnetischen Parameter zur Folge haben, beschleunigen.

- Zusätzlich sind alle bei der Herstellung des Bias-Magneten auftretenden Formabweichungen von der Sollform in gleicher Weise nachteilig. Gleiches gilt für die herstellungsbedingten Streuungen der magnetischen Parameter bei der
- 20 Herstellung des Bias-Magneten.

- Ein weiterer Nachteil bestand darin, dass bei zu starker Annäherung des Positionsmagneten an die Detektorspule der Arbeitspunkt negativ verändert wird. Bei der Detektoreinrichtung gemäß dem Stand der Technik musste daher der
- 25 Wellenleiter über den Messbereich, innerhalb dessen sich der Positionsmagnet hin und her bewegen konnte, hinaus so weit verlängert werden, dass sich die Detektoreinheit mit der Detektorspule ausreichend weit vom Messbereich entfernt befand, um Störbeeinflussungen auf ein beherrschbares Maß zu reduzieren. Dadurch ergab sich jedoch immer eine Gesamtlänge des Positionssensors, die
- 30 deutlich größer war als sein Messbereich.

Während in der Vergangenheit hauptsächlich die Bauformen mit dem quer vom Wellenleiter abstehenden Villary-Bändchen, welches von der Detektorspule

umschlossen wurde, verbreitet waren aufgrund der dabei erzielbaren hohen Amplitude, hat dies den Nachteil eines aufwendigen Herstellungsprozesses.

In der Vergangenheit war es bereits bekannt, den Wellenleiters selbst entweder mit einem massiven Querschnitt, also als Draht, oder auch mit einem hohlen Querschnitt, also als Rohr, zu verwenden. Bei Verwendung des Wellenleiters auch als elektrischer Leiter wurde dabei die Vorform bevorzugt, da hierdurch im Inneren des rohrförmigen elektrischen Leiters kein vom elektrischen Strom erzeugtes Magnetfeld vorhanden war.

### III. Darstellung der Erfindung

#### a) Technische Aufgabe

Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Positions-Sensor dieses Bauprinzips so zu vereinfachen, dass trotz deutlich geringerem Fertigungsaufwand die Funktion mit ausreichender Genauigkeit gewährleistet ist.

#### b) Lösung der Aufgabe

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruches 1 gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Es hat sich wider Erwarten herausgestellt, dass bei Verwendung eines elektrisch leitfähigen Wellenleiters, der gleichzeitig als elektrischer Leiter dient, bei coaxialer Anordnung der Detektorspule direkt auf dem elektrischen Leiter und insbesondere Anordnung einer entsprechenden Abschirmung um die Detektorspule herum, insbesondere in Form eines Flussleitstückes, sich das Nutzsignal ausreichend stark von den vorhandenen Störsignalen unterscheiden lässt, insbesondere wenn die Abschirmung die Detektorspule möglichst dicht umschließt.

Dabei kann auf eine Strombeaufschlagung der Detektorspule nicht nur verzichtet werden, sondern diese wirkt sich unter Umständen sogar negativ aus, und auch auf eine Kompensation der sich nach in Betrieb setzen des Sensors verändernden Temperatur innerhalb der Detektoranordnung kann ebenfalls verzichtet werden.

5

Somit wird die Detektorspule in einem Endbereich coaxial auf dem drahtförmigen Wellenleiter angeordnet und – vorher oder nachher – mit der Abschirmung, insbesondere mittels eines ebenfalls zylindrischen Flussleitkörpers versehen. Nach Anschließen der Detektorspule an eine Detektorschaltung ist – nach  
10 geeigneter Lagerung des Wellenleiters – der Sensor funktionstüchtig.

Die Form und Anordnung des Flussleitkörpers relativ zur Detektorspule wird dabei so gewählt, dass der durch das Flussleitstück ermöglichte magnetische Flussweg die Windungen der Wicklungen der Detektorspule wenigstens an einer Stelle  
15 umschließt, insbesondere die gesamte Detektorspule in wenigstens einer Ebene, z. B. der axialen Ebene, umschließt. Vorzugsweise umschließt der Flussweg die Detektorspule dabei lückenlos.

Dementsprechend kann die Form des Flussleitstückes unterschiedlich ausgebildet  
20 sein:

In einer einfachen Ausführungsform übergreift ein C-förmiges Flussleitstück die coaxial auf dem Wellenleiter aufgebrachte Detektorspule so, dass das C-Teil mit seinen freien Enden beidseits der Spule mit geringem Abstand gegen den  
25 Wellenleiter gerichtet ist. Dadurch wird aus dem C-förmigen Flussleitstück und dem entsprechenden Teil des Wellenleiters über den geringen Luftspalt zwischen Wellenleiter und Flussleitstück hinweg ein magnetischer Kreis geschlossen, der den magnetischen Flussweg darstellt, welcher mittels des Flussleitstückes ermöglicht wird.

30

Obwohl dabei der Großteil der Detektorspule außerhalb dieses magnetischen Kreises liegt, wird die Signalqualität des von der Detektorspule gelieferten elektrischen Signals dadurch bereits stark positiv beeinflusst.

Weiter verbessern lässt sich das Ergebnis, in dem die Detektorspule in immer stärkeren Maß von dem magnetischen Flussweg eingehüllt wird, beispielsweise durch Anordnen von zwei einander gegenüberliegenden C-förmigen Flussleitstücken oder auch mehreren solcher C-förmigen Flussleitstücke über den Umfang des Wellenleiters verteilt.

Im Idealfall umschließt ein entsprechend geformter Flussleitkörper die Detektorspule – bis auf die benötigten Ein- und Auslässe – möglichst vollständig, und wird dabei in der Regel aus zwei sich ergänzenden Formkörpern bestehen.

Ebenso kann eine Verbesserung des Nutzsignals relativ zu den Störsignalen erreicht werden, wenn stattdessen und/oder ergänzend zu den vorgenannten Maßnahmen wenigstens im Bereich der Detektorspule der für den Positionssensor notwendigen elektrische Rückleiter coaxial um die Detektorspule herum angeordnet wird, also insbesondere rohrförmig, jedenfalls vorzugsweise umfänglich geschlossen.

Diese Wirkung tritt besonders dann ein, wenn das Material nicht nur elektrisch leitfähig, sondern auch noch magnetisch abschirmend ist, also eine Permeabilität von  $\mu > 1$  aufweist.

### c) Ausführungsbeispiele

Ausführungsformen gemäß der Erfindung sind im Folgenden beispielhaft näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1: Eine Prinzipdarstellung des erfindungsgemäßen Positionssensors,

Fig. 2: einen Querschnitt durch den Wellenleiter 3,

Fig. 3 – 6: weitere Bauformen des Flussleitkörpers.

Fig. 1 zeigt den gesamten Positionssensor, bestehend aus dem in Messrichtung verlaufenden Wellenleiter 3 und auf dessen einem Ende befestigten

Detektoranordnung 105 sowie der mit der Detektoranordnung 105 verbundenen Detektorschaltung 50.

Die Detektorschaltung 50 kann dabei örtlich getrennt von der Wellenleitereinheit 5 angeordnet sein, und muss lediglich über zwei elektrische Leiter mit der Detektorspule 5 verbunden sein.

Der Positionssensor misst die Position des in Messrichtung 10 kontaktlos entlang der Wellenleitereinheit verschiebbaren Positionsmagneten 28 relativ zum 10 Sensorkopf des Wellenleiters 3, also zur Detektorspule 5.

Der Wellenleiter 3 weist wenigstens abschnittsweise, insbesondere über seine gesamte Länge einen massiven Querschnitt von vorzugsweise kreisrunder Außenkontur auf, wie in Fig. 2 dargestellt.

15

In seinem Verlauf ist der Wellenleiter 3 z. B. in einem Stützrohr 4 aufgenommen, welches beispielsweise einen deutlich größeren Innendurchmesser besitzt als der Außendurchmesser des Wellenleiters 3, und in dem der Wellenleiter 3 coaxial positioniert ist durch Anordnung eines schlauchförmigen Abstandshalters 2 aus 20 elektrisch nicht leitendem und nicht magnetischem Material, insbesondere einem Kunststoffmaterial, welches coaxial um den Wellenleiter 3 herum und innerhalb des Stützrohres 4 angeordnet ist.

Das vom Detektorkopf und damit der Detektorspule 5 abgewandte freie Ende des 25 Wellenleiters 3 ist in einer speziellen Dämpfungsanordnung 7 aufgenommen.

Die Detektorspule 5 ist coaxial auf dem Wellenleiter 3 angeordnet, berührt diesen jedoch nicht, so dass dazwischen eine Distanzhülse aus elektrisch nicht leitendem Material angeordnet ist.

30

Bei der Detektorspule 5 können die Wicklungen in Ebenen quer zur Längsrichtung 10 angeordnet sein, oder auch – bei Ausbildung der Detektorspule 5 als Toroid-Spule – in Ebenen entlang der Längsrichtung 10.



Der Wellenleiter 3 kann nur auf einer Stirnseite die Detektorspule 5 verlassen, wie in der Fig. 1a dargestellt, oder die Detektorspule 5 auch in Längsrichtung komplett durchdringen, wie in Fig. 1b dargestellt.

5

Abhängig davon weist der Flussleitkörper 30 nur eine einzige oder zwei gegenüberliegende stirnseitige Öffnungen 5a, 5a' für das Ein- und ggf. auch Austreten des Wellenleiters 3 und ggf. dessen Isolierhülse gegenüber der Detektorspule 5 auf, und darüber hinaus wenigstens eine Öffnung 5b zum  
10 Hindurchführen der elektrischen Anschlüsse von der Detektorspule 5 zur Auswerteschaltung 50.

Dabei kann der Flussleitkörper 30 – wie in Fig. 1a dargestellt – aus zwei Halbschalen mit Trennebene parallel zur Längsrichtung 10 bestehen oder auch aus  
15 einem topfförmigen Gehäuse mit stirnseitigem Abschlussdeckel, wie in der Fig. 1b dargestellt.

Auch eine Bauform aus zwei mit der offenen Seite gegeneinander gerichteten schalenförmigen Flussleitkörpern 30c, wie in Fig. 6 im Längsschnitt und in einer  
20 Stirnansicht dargestellt ist möglich, in der der Wellenleiter die schalenförmigen Teile 30c durch zentrale Wellenleiter-Öffnungen 5a bzw. 5a' in den ansonsten geschlossenen Boden der schalenförmigen Teile durchdringt, während die elektrischen Anschlüsse der Spule 5 durch wenigstens eine hier nicht zeichenbare Öffnung vorzugsweise auf die Berührungsebene der beiden schalenförmigen Teile  
25 30c den Innenraum des Flussleitkörper verlassen.

Im Gegensatz zu den vorbeschriebenen Varianten, in denen der Flussleitkörper 30 die Detektorspule 5 bis auf die benötigten Durchtrittsöffnungen für elektrische Anschlüsse und den Wellenleiter 3 weitestgehend vollständig umschließt, zeigen  
30 die Fig. 3 – 5 jeweils in Seitenansicht und Stirnansicht Lösungen, bei denen der Flussleitkörper aus einem oder mehreren C-förmigen Flussleitstücken 30a bzw. 30b besteht, die somit die Detektorspule 5 nicht vollständig einschließen.

In der einfachsten Lösung gemäß Fig. 3 ist ein solches C-förmiges Flussleitstück 30a mit seinem verbindenden Längsschenkel in Längsrichtung 10 ausgerichtet, also parallel zum Wellenleiter 3, so dass die beiden freien Enden des C-Teiles 30a beidseits der stirnseitigen Enden der Detektorspule 5 gegen den Wellenleiter 3 gerichtet sind, mit einem möglichst geringem Luftspalt zwischen dem Wellenleiter 3 und dem C-förmigen Flussleitstück 30a.

Gemäß den Fig. 4 sind zwei solcher C-Teile 30a auf einander gegenüberliegenden Seiten des Wellenleiters 3 gegeneinander gerichtet entsprechend angeordnet, so dass hierdurch bereits die gesamte Detektorspule 5 innerhalb des Flussleitstückes 30 liegt, jedoch von diesem wiederum nicht vollständig dicht eingeschlossen wird.

Durch steigende Anzahl von über den Umfang verteilt angeordneten solchen C-Teilen 30a, beispielsweise drei C-Teile 30a wie in den Fig. 5 dargestellt, oder einer höheren Anzahl von C-Teilen, werden die nicht von Flussleitstücken abgedeckten Umfangsbereiche der Detektorspule 5 immer geringer und damit die Qualität des von der Detektorspule 5 gelieferten Signals immer besser.

Fig. 4c zeigt eine Abwandlung zweier C-förmiger Flussleitstücke 30b, die in diesem Fall nicht jeweils auf einer der beiden Seiten des Wellenleiters angeordnet sind, sondern die beide auf den Wellenleiter 3 aufgefädelt sind mittels in dem verbindenden Schenkel der C-Teile 30b vorhandener Wellenleiter-Öffnungen 5a, während die frei endenden Schenkel der Flussleitstücke gegeneinander gerichtet sind und sich auch gegenseitig berühren sollen.

25

In der Seitenansicht gemäß Fig. 4d dieser Lösung ist zu erkennen, dass die Detektorspule 5 auf in der Seitenansicht oder auch im Querschnitt z. B. H-förmigen Spulengrundkörper 1 aufgewickelt sein kann, an Stelle der in den übrigen Zeichnungen dargestellten Grundkörper-freien, selbsttragenden, Detektorspulen 5.

30

Fig. 4c zeigt in der perspektivischen Ansicht die zu den zwei gegenüberliegenden Seiten hin offenen, nicht vom Flussleitkörper 30 abgedeckten Seiten einer solchen

Detektorspule 5, aus denen die entsprechenden Anschlüsse für die Detektorspule 5 herausgeführt werden können.

Darüber hinaus zeigt Fig. 1c eine Lösung, bei der die ebenfalls coaxial auf dem Wellenleiter 3 angeordnete Detektorspule 5 nicht von einem Flussleitkörper sondern von einem coaxial um die Detektorspule 5 herum angeordneten, rohrförmigen elektrischen Rückleiter 6 umgeben ist. Diese Wirkung tritt besonders dann ein, wenn dessen Material nicht nur elektrisch leitfähig, sondern auch noch magnetisch abschirmend ist, also eine Permeabilität von  $\mu > 1$  aufweist.

10

Auch hierdurch werden von außen auf die Detektorspule 5 einwirkende Magnetfelder abgehalten.

Auch eine Kombination beider Möglichkeiten, also die Anordnung eines Flussleitkörpers zusätzlich zu einem coaxialen Rückleiter 6 mit den beschriebenen Eigenschaften, ist möglich.

## BEZUGSZEICHENLISTE

5		
	1	Grundkörper
	2	Stützschlauch
	3	Wellenleiter
	4	Stützrohr
10	5	Detektorspule
	5a, 5a'	Wellenleiter-Öffnung
	5b	Anschluss-Öffnung
	6	Rückleiter
	7	Dämpfungsanordnung
15	10	Längsrichtung
	28	Positionsmagnet
	30	Flussleitkörper
	30a	C-förmiges Flussleitstück
	30b	C-förmiges Flussleitstück
20	30c	schalenförmiges Flussleitstücke
	50	Auswerteschaltung
	105	Detektoranordnung

## PATENTANSPRÜCHE

5

1. Positions-Sensor nach dem Laufzeitprinzip einer mechanisch-elastischen Welle mit

- einem Wellenleiter (3),
- einer am Wellenleiter (3) angeordneten Detektorspule (5),
- 10 - einem Positionselement, z. B. einem Positionsmagneten (28), welcher entlang des Wellenleiters (3) bewegbar ist

dadurch gekennzeichnet, dass

- der Wellenleiter (3) aus elektrisch leitendem Material besteht,
- die Detektorspule (5) im Detektorbereich coaxial auf dem Wellenleiter (3)
- 15 angeordnet ist.

2. Positionssensor nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
der Detektorspule (5) ein Flussleitkörper (30) zugeordnet ist.

20

3. Positions-Sensor nach dem Laufzeitprinzip einer mechanisch-elastischen Welle mit

- einem Wellenleiter (3),
- einer am Wellenleiter (3) angeordneten Detektorspule (5),
- 25 - einem Positionselement, z. B. einem Positionsmagneten (28), welcher entlang des Wellenleiters (3) bewegbar ist

dadurch gekennzeichnet, dass  
wenigstens im axialen Bereich der Detektorspule (5) der Rückleiter (6) coaxial  
außen um die Detektorspule (5) herum angeordnet ist.

30

4. Positionssensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
der Wellenleiter (3) einen massiven Querschnitt besitzt.

5. Positionssensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
der Querschnitt des Wellenleiters (3) insbesondere über den gesamten  
5 Messbereich massiv ist.

6. Positionssensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die Detektorspule (5) ebenso wie eine Detektorschaltung (50) Teil einer  
10 Detektoranordnung (105) ist.

7. Positionssensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
der Flussleitkörper (30) der Detektorspule (5) so zugeordnet ist, dass er  
15 gleichzeitig die Detektorspule (5) gegen unerwünschte äußere Magnetfelder  
abschirmt.

8. Positionssensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
20 der magnetische Flussweg des durch den Flussleitkörper (30) ermöglichten  
magnetischen Flusses die Windungen der Spule wenigstens einmal einschließt,  
insbesondere unter Einbeziehung des Wellenleiters (3) in den Flussweg.

9. Positionssensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
25 dadurch gekennzeichnet, dass  
der durch den Flussleitkörper (30) ermöglichte Flussweg die gesamte Spule  
umgibt, insbesondere in wenigstens einer Ebene, insbesondere wenigstens einer  
Axialebene, insbesondere die Spule vollständig umgibt.

30 10. Positionssensor nach Anspruch 8,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
der Rückleiter (6) aus elektrisch leitfähigem sowie insbesondere auch magnetisch  
abschirmendem Material mit einer Permeabilität von  $\mu > 1$  besteht.

11. Positionssensor nach Anspruch 9,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
der Rückleiter (6) einen umfänglich weitestgehend, insbesondere vollständig,  
5 geschlossenen Querschnitt aufweist.
12. Positionssensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
eine Abschirmung, insbesondere der Flussleitkörper (30), die Detektorspule (5)  
10 wenigstens teilweise, insbesondere entlang einer Ebene, insbesondere einer  
Axialebene der Detektorspule (5) umgibt, insbesondere coaxial umgibt.
13. Positionssensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
15 die Detektorspule (5) als selbsttragende Spule ohne Spulenkörper ausgebildet ist.
14. Positionssensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die Detektorspule (5) auf einem Spulenkörper, insbesondere einem im  
20 Längsschnitt H-förmigen Spulenkörper gewickelt ist.
15. Positionssensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die Abschirmung, insbesondere der Flussleitkörper (30), die Detektorspule (5) bis  
25 auf die Öffnung (5a) für den Wellenleiter (3) sowie wenigstens eine Leiteröffnung  
(5b) für die an die Detektorspule (5) angeschlossenen elektrischen Leiter  
vollständig umschließt.
16. Positions-Sensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
30 dadurch gekennzeichnet, dass  
der Flussleitkörper (30c) im Wesentlichen schalenförmig, insbesondere zylindrisch  
geformt ist mit zwei einander in den geschlossenen Stirnseiten  
gegenüberliegenden Öffnungen (5a, 5a') für Ein- und Austritt des Wellenleiters (3)

und einer Leiteröffnung (5b) zum Durchtritt der elektrischen Leiter zur Detektor-Spule (5) hin, wobei sich die Leiteröffnung (5b) insbesondere in der zylindrischen Mantelfläche des Flussleitkörpers (30) befindet.

- 5 17. Positions-Sensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der zylindrische Flussleitkörper (30) aus einem topfförmigen Korpus mit einer offenen Stirnseite und einem auf dieser stirnseitigen Öffnung passenden Deckel besteht.

10

18. Positions-Sensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das zylindrische Gehäuse aus zwei halbzylindrischen Schalen besteht.

- 15 19. Positionssensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Flussleitstück (30) aus einem ferromagnetischen Material mit einer Permeabilität von  $\mu > 10$ , insbesondere  $\mu > 1.000$ , insbesondere  $\mu > 10.000$  besteht.

20

20. Positionssensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Flussleitstück (30) aus einer hochpermeablen Legierung, insbesondere aus Ferrit, besteht.

25

21. Positionssensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Wellenleiter (3) von Gleichstrom durchflossen ist.

- 30 22. Positionssensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Detektoranordnung (105) keinen Magneten, insbesondere keine Biasmagneten, umfasst.



23. Positionssensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die Axialrichtung der Detektorspule (5) mit der Längsrichtung des Wellenleiters (3)  
5 übereinstimmt.

24. Positions-Sensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die Detektor-Spule (5) eine Toroid-Spule ist.

10

25. Positions-Sensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
axiale Länge der Toroid-Spule mindestens dem Durchmesser ihres freien  
zentralen Durchganges (5a) entspricht, vorzugsweise mindestens doppelt so groß  
15 ist.

26. Positions-Sensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die Toroid-Spule von einem Flussleitkörper (30) umgeben ist, der eine etwa  
20 zylindrische Form besitzt und vorzugsweise aus zwei Halbschalen besteht, die auf  
jeweils einer Stirnseite geschlossen sind bis auf eine zentrale Durchgangsöffnung  
(5a) analog zur Durchgangsöffnung der Toroid-Spule und deren Kontaktebene  
quer zur Längsachse der Toroid-Spule und des Flussleitkörpers (30) verläuft.

25

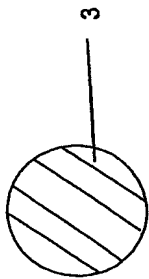


Fig. 2

Fig. 1b

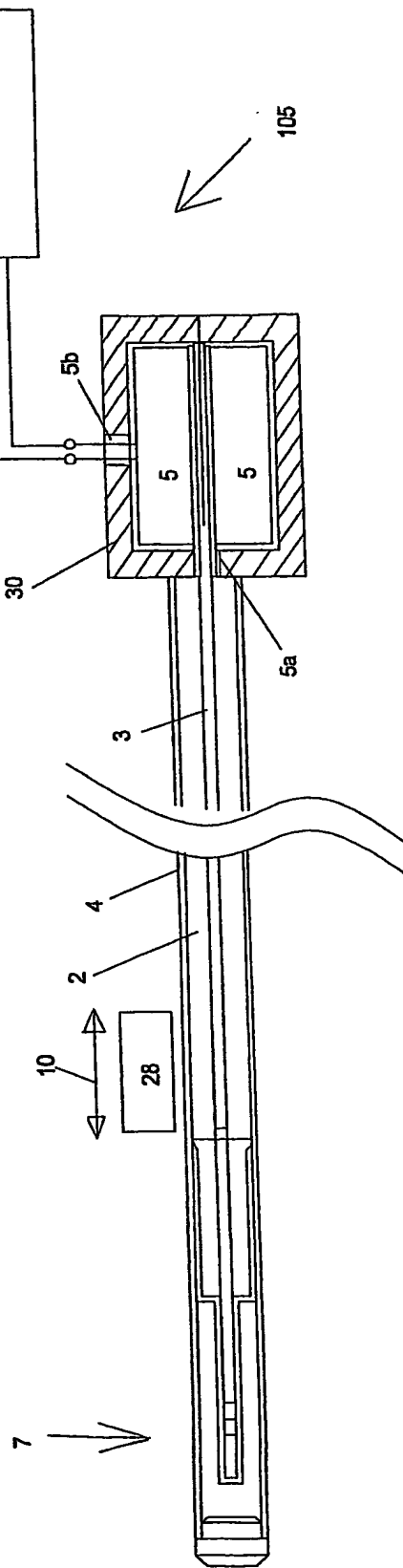
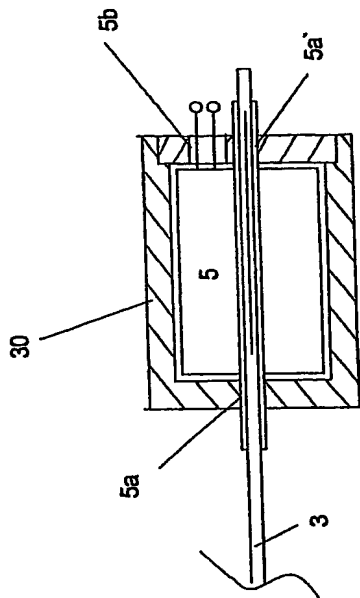


Fig. 1a

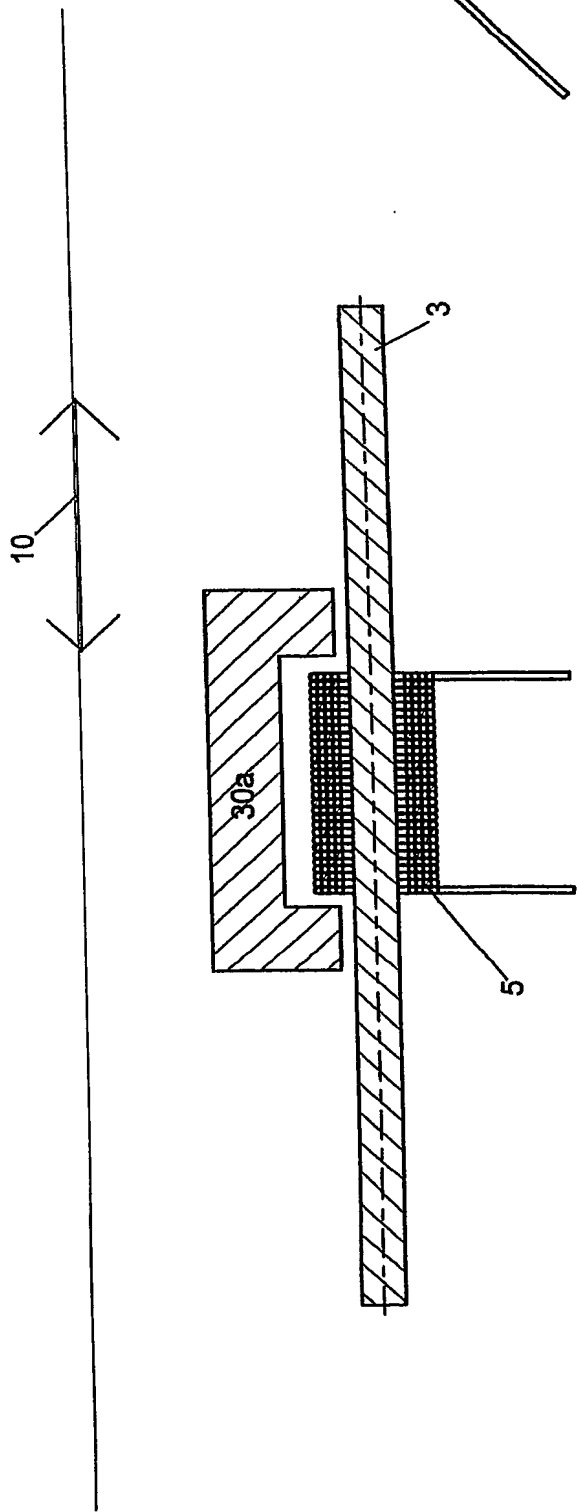


Fig. 3a

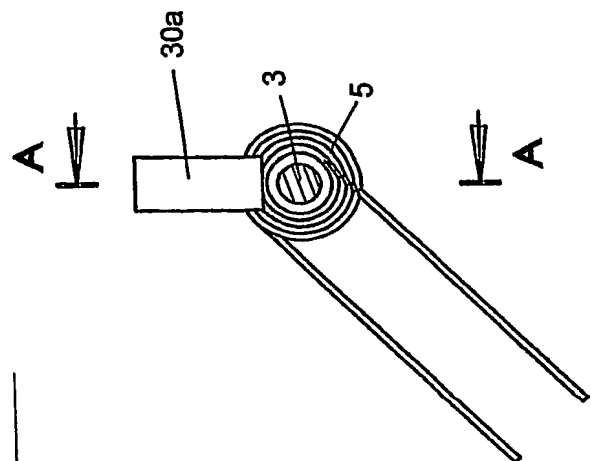


Fig. 3b

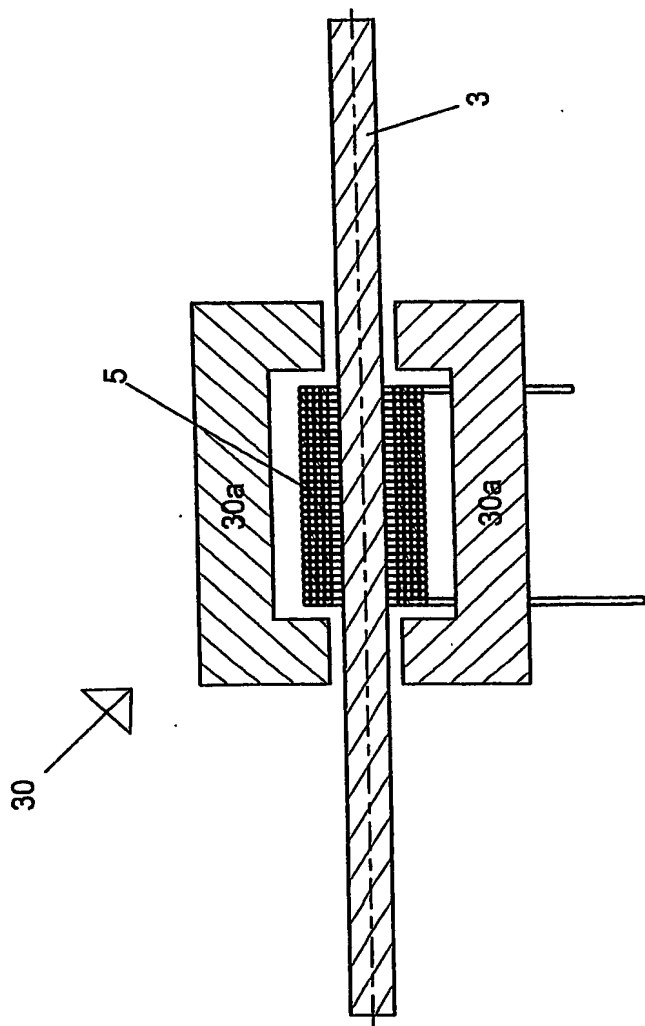


Fig. 4a

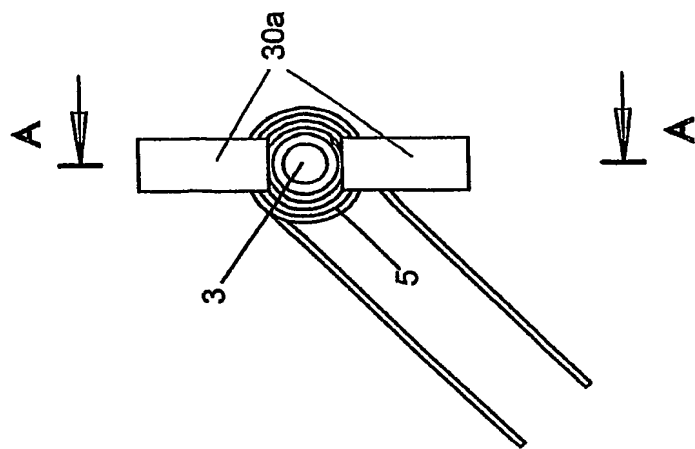


Fig. 4b

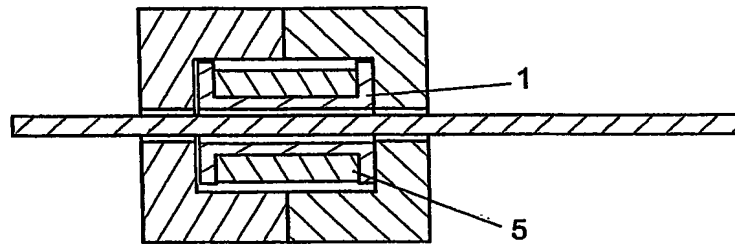


Fig. 4d

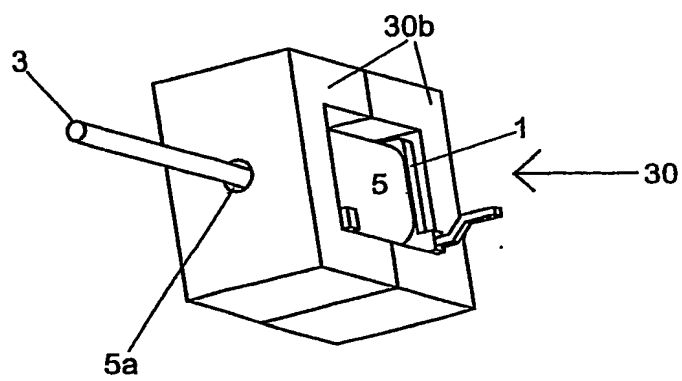


Fig. 4c

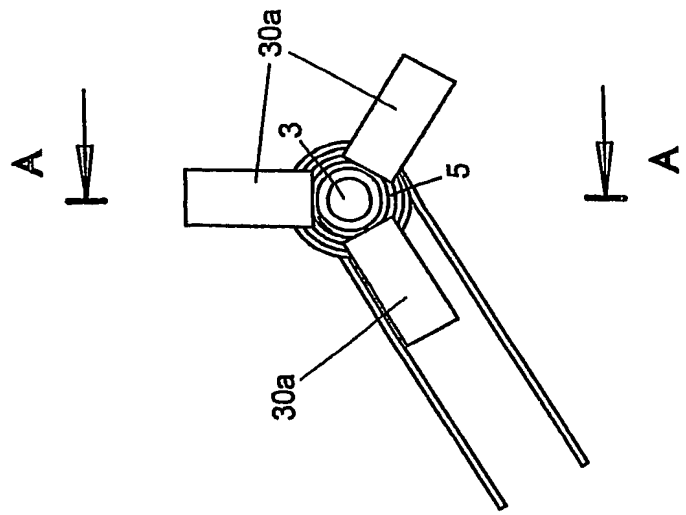


Fig. 5b

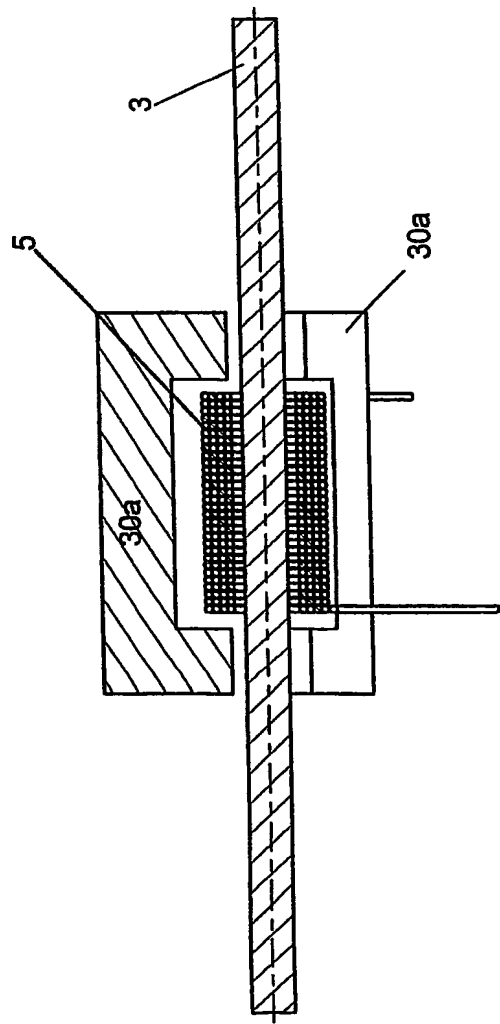


Fig. 5a

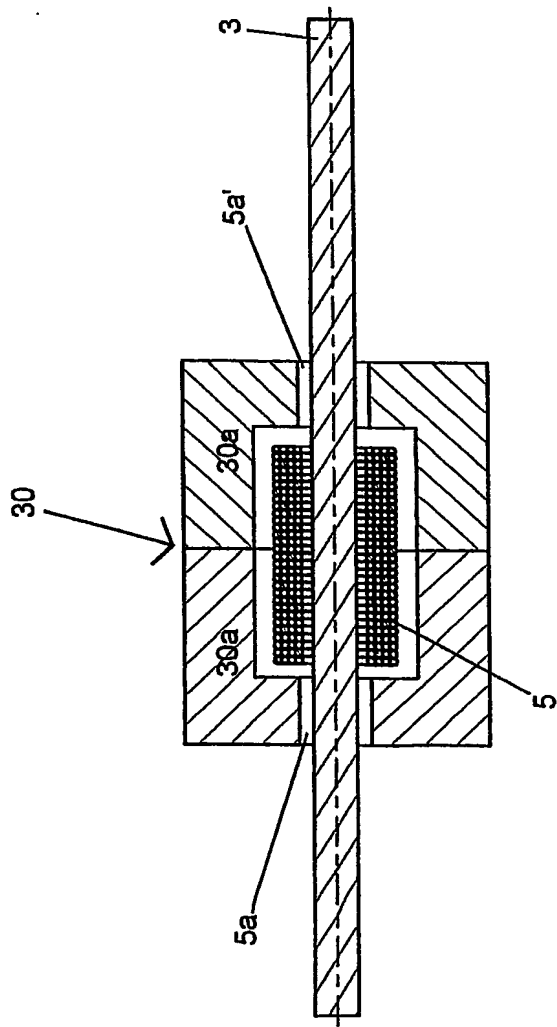


Fig. 6a

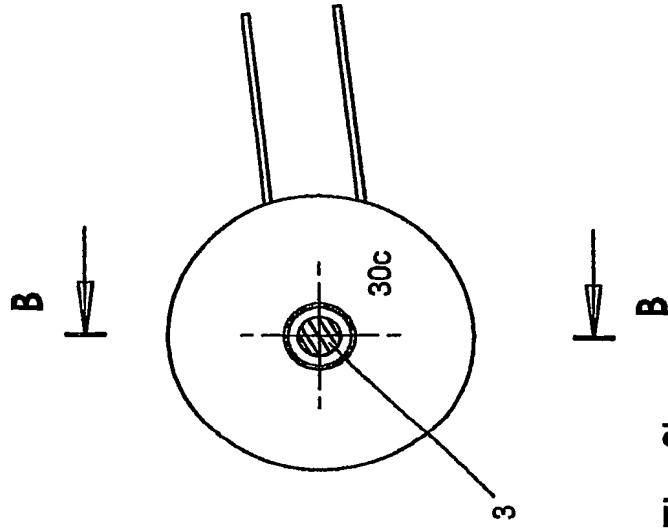


Fig. 6b

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**